

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

|                                      |   |                              |
|--------------------------------------|---|------------------------------|
| In re Patent Application of          | ) |                              |
|                                      | ) |                              |
| Gerwin PREISINGER et al.             | ) | Group Art Unit: Unassigned   |
|                                      | ) |                              |
| Application No.: Unassigned          | ) | Examiner: Unassigned         |
|                                      | ) |                              |
| Filed: February 5, 2004              | ) | Confirmation No.: Unassigned |
|                                      | ) |                              |
| For: DEVICE FOR PROTECTING A BEARING | ) |                              |
| OF AN ELECTRICAL MACHINE FROM A      | ) |                              |
| DESTRUCTIVE CURRENT                  | ) |                              |

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

German Patent Application No. 203 01 956.3

Filed: February 7, 2003

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: February 5, 2004

By: Matthew L. Schneider  
Matthew L. Schneider  
Registration No. 32,814

P.O. Box 1404  
Alexandria, Virginia 22313-1404  
(703) 836-6620



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Gebrauchsmusteranmeldung

**Aktenzeichen:** 203 01 956.3

**Anmeldetag:** 7. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** AB SKF, Göteborg/SE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zum Schutz eines Lagers einer Elektro-  
maschine vor einem schädigenden Stromdurchgang

**IPC:** H 02 K 11/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 19. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Stark'.

Stark

## Schutzansprüche

Vorrichtung zum Schutz eines Lagers einer Elektromaschine vor einem schädigenden Stromdurchgang

1. Vorrichtung zum Schutz eines Lagers (7) einer Elektromaschine vor einem schädigenden Stromdurchgang, wobei die Elektromaschine einen Stator (11) aufweist und einen Rotor (5), der mittels wenigstens eines Lagers (7) relativ zum Stator (11) drehbar gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kompensationsschaltung zur Erzeugung eines Kompensationsstroms für die Kompensation eines beim Betrieb der Elektromaschine entstehenden Störstroms durch das Lager (7) vorgesehen ist und ein Koppellement (23) zum direkten oder indirekten Einkoppeln des Kompensationsstroms in das Lager (7).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsschaltung einen künstlichen Sternpunkt (17) zur Bereitstellung einer Sternpunktspannung aufweist, an dem die für den Betrieb der Elektromaschine vorgesehenen Phasenspannungen anliegen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der künstliche Sternpunkt (17) durch drei gleiche Impedanzen gebildet wird

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsschaltung einen Umpoltransformator (20) aufweist, dem primärseitig die Sternpunktspannung ganz oder anteilig zugeführt wird und der sekundärseitig eine zur Sternpunktspannung gegenphasige Spannung erzeugt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsschaltung eine Amplituden-Anpassungsstufe (18) aufweist, die zwischen dem künstlichen Sternpunkt (17) und dem Umpoltransformator (20) geschaltet ist und an den Umpoltransformator (20) einen einstellbaren Bruchteil der Sternpunktspannung anlegt.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Umpoltransformator (20) sekundärseitig mehrere Wicklungsabgriffe aufweist
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Umpoltransformator (20) sekundärseitig mit einem Eingang einer Frequenzgang-Anpassungsstufe (22) verbunden ist, die der Angleichung des Frequenzgangs des Kompensationsstroms an den Störstrom dient.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang der Frequenzgang-Anpassungsstufe (22) mit dem Koppelement (23) verbunden ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Koppelement (23) so angeordnet ist, dass eine Einkopplung des Kompensationsstroms in eine Rotorwelle (6) erfolgt, mit der der Rotor (5) im Lager (7) drehbar gelagert ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Koppelement (23) als Kondensator ausgebildet ist.

## B e s c h r e i b u n g

### Vorrichtung zum Schutz eines Lagers einer Elektromaschine vor einem schädigenden Stromdurchgang

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Schutz eines Lagers einer Elektromaschine vor einem Stromdurchgang.

Bei Elektromaschinen, beispielsweise bei Elektromotoren, die mittels eines Lagers drehbar gelagert sind, besteht die Gefahr, dass es zu einem Stromfluss durch das Lager kommt und die damit verbundene Funkenerosion zu Lagerschäden führt. Der Stromfluss durch das Lager kann dadurch entstehen, dass die an den Anschlussklemmen des Elektromotors anliegenden Spannungen über Streukapazitäten, beispielsweise aus den Statorwicklungen in den Rotor des Elektromotors einkoppeln. Die damit verbundenen Stromflüsse bewirken letztendlich, dass am Lager eine Spannung entsteht, die größer sein kann als die Durchschlagsfestigkeit des Schmierfilms im Lager und somit eine Funkenerosion auslösen kann. Besonders kritisch ist die Situation, bei Elektromotoren, die mit Frequenzumrichtern betrieben werden, da dort besonders hohe, impulsförmige Spannungsverläufe an den Anschlussklemmen gegenüber dem Motorgehäuse und dem Rotor auftreten und somit auch vergleichsweise hohe Spannungen am Lager entstehen.

In der Regel werden Lager gegen einen unerwünschten Stromdurchgang dadurch geschützt, dass eine elektrische Isolierung zur Verhinderung des Stromdurchgangs vorgesehen wird. Dies kann allerdings je nach den speziellen Gegebenheiten der Anwendung mit einem hohen Aufwand verbunden sein. Außerdem stellt eine gleichstrommäßige elektrische Isolierung des Lagers nicht immer einen ausreichenden Schutz dar. So besteht beispielsweise bei hochfrequenten Störströmen die Gefahr, dass eine Einkopplung in das Lager auf kapazitivem Wege erfolgt.

In diesem Zusammenhang ist es aus dem Fachaufsatz "High Frequency Leakage Current Reduction Based on a Common-Mode Voltage Compensation Circuit" in der Zeitschrift IEEE 1996, Seiten 1961 bis 1967 bereits bekannt, hochfrequente Störströme mit Hilfe einer Kompensationsschaltung zu kompensieren. Die Verdrahtung ist dabei so ausgelegt, dass die Kompensation bereits im Leistungsstromweg stattfindet, d. h. noch vor der angeschlossenen Last. Dies hat den Nachteil, dass die Kompensationsschaltung in den Leistungsstromkreis einbezogen wird und somit deren Komponenten für vergleichsweise hohe Leistungen ausgelegt sein müssen. Außerdem erhöht jede in den Leistungsstromkreis eingefügte reaktive Komponente wie z. B. eine Induktivität, eine Kapazität oder ein Filter, die Zahl der Resonanzfrequenzen, bei deren Anregung kaum vorhersagbare Überspannungen auftreten können. Da bei einem Einsatz eines Frequenzumrichters davon auszugehen ist, dass weitgehend alle diese Resonanzfrequenzen angeregt werden können, besteht ein hohes Risiko, dass eine derartige Überspannung entsteht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Lager einer Elektromaschine vor einem Stromdurchgang zu schützen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst.



Die Erfindung wird bei einer Elektromaschine eingesetzt, die einen Stator aufweist und einen Rotor, der mittels wenigstens eines Lagers relativ zum Stator drehbar gelagert ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass eine Kompensationsschaltung zur Erzeugung eines Kompensationsstroms für die Kompensation eines beim Betrieb der Elektromaschine entstehenden Störstroms durch das Lager vorgesehen ist und ein Koppellement zum direkten oder indirekten Einkoppeln des Kompensationsstroms in das Lager.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass dadurch ein zuverlässiger Schutz des Lagers vor einem Stromdurchgang und somit vor einer damit verbundenen potentiellen Beschädigung des Lagers gewährleistet ist. Die Schutzmaßnahme setzt dabei konkret an der Stelle an, die geschützt werden soll, nämlich am Lager. Dadurch kann der Aufwand für die Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vergleichsweise gering gehalten werden, da die Vorrichtung leistungsmäßig nicht für den Betrieb der Elektromaschine sondern lediglich für die Kompensation des Störstroms durch das Lager ausgelegt werden muss. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht folglich darin, dass sich die erfindungsgemäße Vorrichtung weitgehend unabhängig von der Leistungsklasse der Elektromaschine realisieren lässt und auch nachträglich in eine bestehende Anlage eingebaut werden kann, da in die Ansteuerung der Elektromaschine nicht eingegriffen wird.

Die Kompensationsschaltung kann einen künstlichen Sternpunkt zur Bereitstellung einer Sternpunktspannung aufweisen, an dem die für den Betrieb der Elektromaschine vorgesehenen Phasenspannungen anliegen. Der künstliche Sternpunkt wird in der Regel durch drei gleiche Impedanzen gebildet. Auf diese Weise kann mit relativ einfachen Mitteln ein Referenzsignal für die Kompensation bereitgestellt werden.

Weiterhin kann die Kompensationsschaltung einen Umpol-Transformator aufweisen, dem primärseitig die Sternpunktspannung ganz oder anteilig zugeführt wird und der sekundärseitig eine zur Sternpunktspannung gegenphasige Spannung



erzeugt. Die Kompensationsschaltung kann insbesondere eine Amplituden-Anpassungsstufe aufweisen, die zwischen dem künstlichen Sternpunkt und dem Umpol-Transformator geschaltet ist und an den Umpol-Transformator einen einstellbaren Bruchteil der Sternpunktspannung anlegt. Der Umpol-Transformator kann mehrere Wicklungsabgriffe aufweisen. Weiterhin kann der Umpol-Transformator sekundärseitig mit einem Eingang einer Frequenzgangs-Anpassungsstufe verbunden sein, die der Angleichung des Frequenzgangs des Kompensationsstroms an den Störstrom dient. Bei den vorstehend beschriebenen Komponenten handelt es sich jeweils um Standardbausteine, die in den unterschiedlichsten Ausführungsformen erhältlich sind, so dass eine optimale Ausbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung für den jeweiligen Anwendungsfall problemlos möglich ist.

Der Ausgang der Frequenzgang-Anpassungsstufe ist mit dem Koppelement verbunden. Dabei ist das Koppelement insbesondere so angeordnet, dass eine Einkopplung des Kompensationsstroms in eine Rotorwelle erfolgt, mit der der Rotor im Lager drehbar gelagert ist. Das Koppelement ist vorzugsweise als Kondensator ausgebildet. Auf diese Weise kann der Kompensationsstrom berührungsfrei in die Welle und damit in das Lager eingekoppelt werden, so dass bei der Einkopplung des Kompensationsstroms keine Verschleißprobleme im Koppelement auftreten.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

Die einzige Figur zeigt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kompensationsschaltung, die in eine Schaltung zur Ansteuerung eines Elektromotors eingebunden ist. Die Ansteuerung des Elektromotors erfolgt mittels eines Frequenzumrichters 1, der ausgangsseitig drei Phasenspannungen U, V und W liefert, die in Form einer Sternschaltung an eine erste Statorwicklung 2 eine zweite Statorwicklung 3 und eine dritte Statorwicklung 4 angelegt sind, d. h. jede

der drei Statorwicklungen 2, 3 und 4 ist mit einem Ende mit einem der Ausgänge des Frequenzumrichters 1 verbunden, an dem eine der Spannungen U, V oder W anliegt. Die jeweils anderen Enden der drei Statorwicklungen 2, 3 und 4 sind untereinander verbunden. Neben den Statorwicklungen 2, 3 und 4 weist der Elektromotor einen Rotor 5 mit einer Rotorwelle 6 auf, die mittels eines Wälzlagers 7 relativ zu den Statorwicklungen 2, 3 und 4 drehbar gelagert ist. Das Wälzlager 7 weist einen Innenring 8, einen Außenring 9 und zwischen dem Innenring 8 und dem Außenring 9 angeordnete Wälzkörper 10 auf. Der Innenring 8 ist mit der Rotorwelle 6 drehfest und elektrisch leitend verbunden. Der Außenring 9 kann beispielsweise in eine Bohrung eines nur symbolisch dargestellten Gehäuses 11 eingepresst sein und somit drehfest und elektrisch leitend mit dem Gehäuse 11 verbunden sein. Die Rotorwelle 6 ist in der Regel mittels wenigstens eines weiteren Wälzlagers 7 gelagert, dass der besseren Übersicht halber in Figur 1 allerdings nicht dargestellt ist.

Die beschriebene Beschaltung bzw. der beschriebene Aufbau des Elektromotors haben zur Folge, dass eine Reihe von Streukapazitäten vorhanden ist. Über die jeweils trotz einer gleichstrommäßigen Isolierung Spannungen eingekoppelt werden können. In Figur 1 wurden die Streukapazitäten, soweit sie für die Erfindung relevant sind, jeweils durch ein Schaltsymbol für einen Kondensator dargestellt. Im einzelnen besteht zwischen der ersten Statorwicklung 2 und dem Rotor 5 eine erste Streukapazität 12, zwischen der zweiten Statorwicklung 3 und dem Rotor 5 eine zweite Streukapazität 13 und zwischen der dritten Statorwicklung 4 und dem Rotor 5 eine dritte Streukapazität 14. Weiterhin wird durch das Wälzlager 7 eine vierte Streukapazität 15 ausgebildet, die letztendlich zwischen dem Außenring 9 und der Rotorwelle 6 wirksam ist. Schließlich besteht noch eine fünfte Streukapazität 16 zwischen dem Rotor 5 und dem Gehäuse 11. Die Streukapazitäten 12, 13, 14, 15 und 16 haben zur Folge, dass infolge der Sternpunkt-Spannung die im Bereich der Zusammenschaltung der drei Statorwicklungen 2, 3 und 4 anliegt, ein unerwünschter kapazitiver Störstrom zwischen den drei Statorwicklungen 2, 3 und 4 und dem Rotor 5 und somit auch

der Rotorwelle 6 fließt. Entsprechend kommt es zu einem Stromfluß zwischen dem Rotor 5 bzw. der Rotorwelle 6 und dem geerdeten Gehäuse 11. Dieser Störstrom bewirkt, dass zwischen dem Rotor 5 und dem Gehäuse 11 und daher auch am Wälzlager 7 bzw. an den Wälzlager 7 eine Spannung  $U_L$  entsteht, die ohne weitere Maßnahmen oftmals größer als die Durchschlagsfestigkeit des Schmierfilms im Wälzlager 7 ist, die typischerweise ca. 0,5 Volt beträgt. Die Spannung  $U_L$  weist typischerweise Werte von 3 bis 7 % der an den Statorwicklungen gegenüber dem Gehäuse 11 anliegenden Spannungen auf. Durch die am Wälzlager 7 anliegende Spannung  $U_L$  kann somit eine Funkenerosion ausgelöst werden, die zu einer Schädigung des Wälzlagers 7 führen kann.

Dies wird durch die im folgenden beschriebenen Schaltungskomponenten verhindert, mit deren Hilfe ein gegenüber dem Störstrom gleichgroßer aber gegenphasiger Strom kapazitiv in die Rotorwelle 6 eingekoppelt wird. Für die Erzeugung des Kompensationsstroms ist u. a. ein künstlicher Sternpunkt 17 vorgesehen, in dem die Zuleitungen vom Frequenzumrichter 1 zu den Statorwicklungen 2, 3 und 4 über je einen Kondensator zusammengeführt werden. Am Ausgang 24 des künstlichen Sternpunktes 17 entsteht eine gleiche Spannung wie sie im Inneren des Motors aufgrund der Streukapazitäten 12, 13 und 14 auftritt. Die Spannung  $U_L$  resultiert aus der kapazitiven Spannungsteilung zwischen den Streukapazitäten 12, 13, 14 einerseits und 15, 16 andererseits. An den Sternpunkt 17 ist eine Amplitudenanpassung 18 angeschlossen, die weiterhin mit dem Gehäuse 11 verbunden ist. Die Amplitudenanpassung 18 weist einen variablen Abgriff auf, mit dessen Hilfe ein gewünschter Bruchteil der vom künstlichen Sternpunkt 17 ausgegebenen Spannung abgegriffen werden kann. Der variable Abgriff der Amplitudenanpassung 18 ist mit einer Primärwicklung 19 eines Umpoltransformators 20 verbunden, die weiterhin an das Gehäuse 11 angeschlossen ist. Eine Sekundärwicklung 21 des Umpoltransformators 20 ist zum einen ebenfalls an das Gehäuse 11 angeschlossen und zum anderen an einen Eingang einer Frequenzganganpassung 22. Der Wickelsinn der Primärwicklung 19 und der Sekundärwicklung 21 des Umpoltransformators 20 verläuft in

entgegengesetzter Richtung, so dass an der Sekundärwicklung 21 eine Spannung ausgegeben wird, die invers zu der an der Primärwicklung 19 anliegenden Spannung ist. Die Frequenzganganpassung 22 ist ausgangsseitig mit einem Koppelkondensator 23 verbunden, dessen eine Elektrode an der Rotorwelle 6 angeschlossen ist. Weiterhin ist die Frequenzganganpassung 22 noch mit dem Gehäuse 11 verbunden.

Statt eine Amplitudenanpassung 18 als eine eigene Komponente vorzusehen kann deren Funktion auch in den Umpoltransformator 20 integriert sein. Hierzu wird die Primärwicklung 19 des Umpoltransformators 20 mit dem Sternpunkt 17 und dem Gehäuse 11 verbunden und an der Sekundärwicklung sind mehrere Anzapfungen vorgesehen, so dass die Amplitude der Spannung, die der Frequenzganganpassung 22 zugeführt wird, durch Auswahl einer geeigneten Anzapfung variiert werden kann.

Bei der Kompensation der in den Rotor 5 eingekoppelten Störströme wird im einzelnen folgendermaßen vorgegangen: Mit Hilfe der Amplitudenanpassung 18 wird ein geeigneter Bruchteil der am künstlichen Sternpunkt 17 anliegenden Spannung in den Umpoltransformator 20 eingespeist und auf diese Weise eine invers gepolte Spannung erzeugt. Für die weitere Verarbeitung wird somit nur ein Bruchteil der am künstlichen Sternpunkt 17 ausgegebenen Spannung verwendet und dementsprechend sind die dabei eingesetzten Komponenten auch nur für diesen Bruchteil der Spannung auszulegen. Die Frequenzganganpassung 22 passt den Frequenzgang des aus dieser Spannung resultierenden Stroms an jenen des Störstroms an, um eine möglichst exakte Kompensation zu ermöglichen. Der derart erzeugte Kompensationsstrom wird über den Koppelkondensator 23 in die Rotorwelle 6 eingespeist und entspricht im Idealfall betragsmäßig der Summe sämtlicher in den Rotor 5 eingespeisten Störströme, so dass es in Folge des umgekehrten Vorzeichens insgesamt zu keiner oder allenfalls einer geringen Nettostromeinspeisung in den Rotor 5 kommt. Somit liegt am Wälzlager 7 bzw. an den Wälzlagern 7 allenfalls eine geringe Spannung  $U_L$  an, die nicht ausreicht, eine

Schädigung des Wälzlagers 7 hervorzurufen. Die Einkopplung des Kompensationsstromes in die Rotorwelle 6 kann durch eine geeignete Ausbildung des Kondensators 23 als luftisolierter Kondensator in Form eines Aufsteckelements auf die Rotorwelle 6 ohne Verschleißteile erfolgen. Alternativ dazu ist es in gleicher Weise möglich, den Kompensationsstrom an anderer Stelle in den Rotor 5 oder in den Innenring 8 des Wälzlagers 7 einzukoppeln.

AB SKF

Schweinfurt, 07.02.2003

AT 03 002 DE STP-g2.se

### **Bezugszeichen**

- 1 Frequenzumrichter
- 2 erste Statorwicklung
- 3 zweite Statorwicklung
- 4 dritte Statorwicklung
- 5 Rotor
- 6 Rotorwelle
- 7 Wälzlager
- 8 Innenring
- 9 Außenring
- 10 Wälzkörper
- 11 Gehäuse
- 12 erste Streukapazität
- 13 zweite Streukapazität
- 14 dritte Streukapazität
- 15 vierte Streukapazität
- 16 fünfte Streukapazität
- 17 künstlicher Sternpunkt
- 18 Amplitudenanpassung
- 19 Primärwicklung
- 20 Umpoltransformator
- 21 Sekundärwicklung
- 22 Frequenzganganpassung
- 23 Koppelkondensator
- 24 Ausgang des künstlichen Sternpunktes



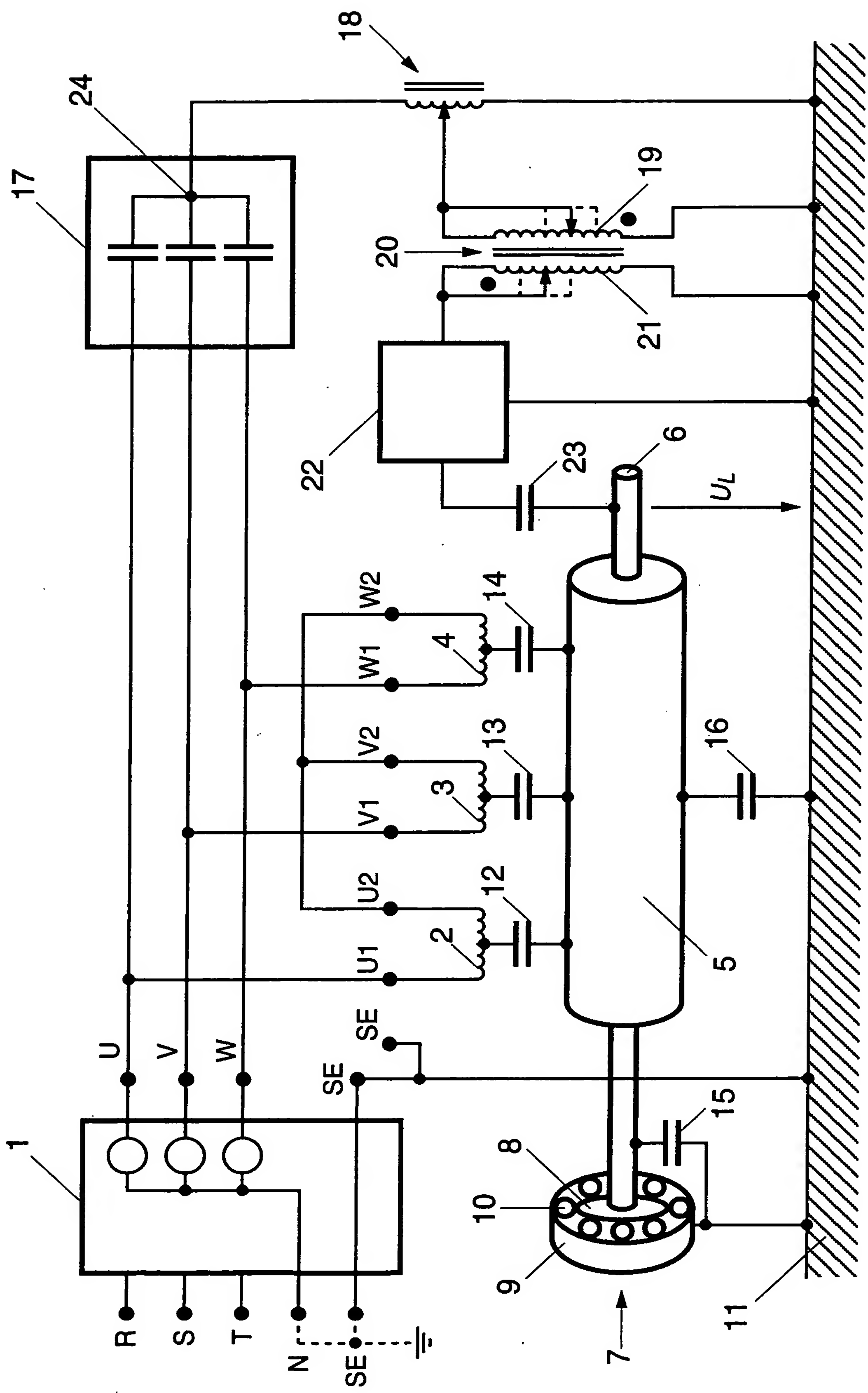


Fig.